

過冷却した花崗岩質メルト中に石英の樹枝状結晶成長の観察

孫羽・廣井美邦・古川登

(千葉大・理)

Observations of dendritic quartz crystallization growth from supercooled granitic melts

Sun Yu, Hiroi Yoshikuni, Furukawa Noboru

(Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Chiba University)

Supercooling and subsequent isothermal crystallization experiments have been performed on hydrous granitic melts in order to reproduce the mineral textures observed in “felsic volcanic-rock-like inclusions” within garnet crystals in high temperature regional metamorphic rocks (granulites) from continental collision orogens worldwide. Morphology and size of quartz vary widely depending upon cooling rate, degree of supercooling, and isothermal treatment duration. The results show that nucleation density of dendritic quartz increases and maximum crystal length decreases with increasing degree of supercooling. The aggregates of quartz and feldspar were also formed immediately adjacent to the dendritic quartz crystals after 300 hour isothermal treatment. They show variation in textural and chemical features.

高温広域変成岩（グラニュライト）中のザクロ石結晶中に「ナノ花崗岩」（Cesare et al., 2009, *Geology*）あるいは「珪長質火山岩様包有物」（FVRLI）（廣井ら、2010, 2011 地質学会講演要旨）が見出されている。その中に、メルトが急冷してできるガラスや樹枝状結晶などが存在する。一般に樹枝状結晶は、結晶成長の駆動力が大きい時生成されるが、個々のケースについては、原因は多様である。本研究では、樹枝状また骸晶組織を示す石英を生成する高温高圧実験を行ったので、その途中経過を報告する。

石英が初相となるよう、北海道北東部の遠軽町白滝地域赤石山産の黒曜石に石英ガラスを加え、さらに 0.98wt% ~ 10.99wt% の水を加えたものを出発物質（Fig. 1）とし、まずリキダス温度を実験で決めた。その結果を Fig. 2 に示す。またこれまで実施した実験の概要を Table.1 に示す。

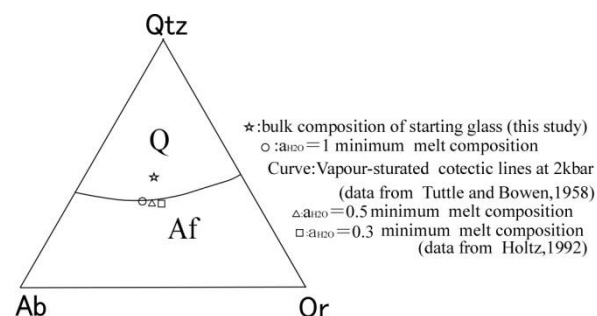
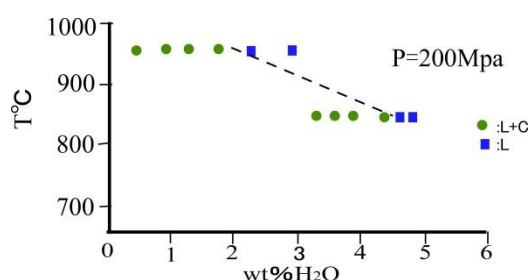
Fig.1. F Qtz-Ab-Or-H₂O の相図(200Mpa)

Fig.2. リキダス温度(200Mpa)

Run no.	melting		cooling rate (°C/h)	T ₂ (°C)	crystalization		total H ₂ O					
	T ₁ (°C)	time ₁ (h)			T ₂ (°C)	time ₂ (h)	time ₃ (h)	(wt%)				
			950~700°C(600°C)	700°C(600°C)				1.84	2.43	3.09	3.56	4.92
1	950	24h	50	700	5h	134h	1.84	2.43	3.09	3.56	4.92	10.68
2	950	24h	50	700	5h	300h	1.87	2.45	3.10	3.59	4.82	10.99
3	950	24h	0.88	700	283h		1.87	2.56	3.04	3.49	3.94	4.72
4	950	24h	50	600	7h	298h	1.91	2.62	2.95	3.41	4.87	5.58
5	950	24h	5	700	50h	89h	0.98	1.4	2.52	3.06		
6	950	24h	500	700	0.5h	138.5h	2.45	2.93	3.39	5.01	6.42	8.02
7	950	24h	5	700	50h		0.98	1.40	2.44	2.99	3.54	10.25

Table.1. 実験概要

実験生成物の観察結果は以下の通りである：

①石英結晶核 石英結晶の核形成は冷却した際にそれとも保持時間期間を確認するため、Run7 と Run4 の実験を比較した。Run7 の 5°C/h 実験では、石英結晶が冷却した際（50h）に、石英の樹枝状結晶はサンプル（ $\Delta T=230^\circ\text{C}$ ）には少し生じたが、 $\Delta T < 205^\circ\text{C}$ のサンプルは生じなかった。Run4 の 0.88°C/h の実験では、石英結晶が冷却した際（283h）に形成されると確認した。また、700°C までの実験では、結晶の中心に泡が見られる、600°C までの実験では、結晶の中心に不透明鉱物が見られる。これらがあるところで、石英の不均一核形成が進んだものと考えられる。

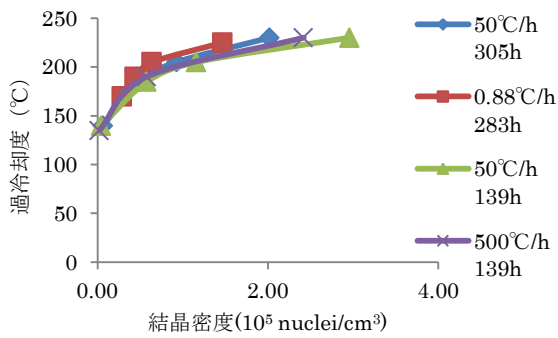


Fig. 3. 過冷却度と結晶数密度関係図

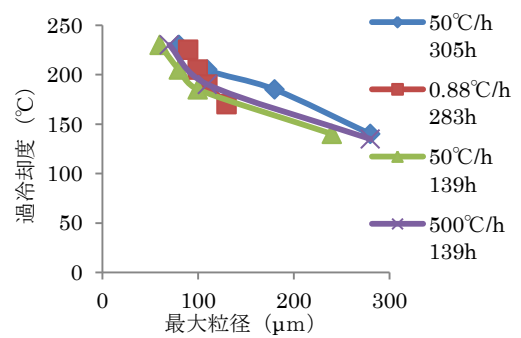


Fig. 4. 過冷却度と最大粒径サイズ関係図

②結晶サイズ分布 水の含有量が多いほど、過冷却度が小さくなるため、含水量のみ変化により過冷却度と結晶密度関係図 (Fig. 3)、過冷却度と最大粒径関係図 (Fig. 4) から見ると、

a. 過冷却度の増加と共に、冷却速度にかかわらず、結晶数密度が連続的に増加し、最大粒径サイズは連続的に減少する。

b. 同じ継続時間 (139 h) で、冷却速度の違いによって、高い冷却速度 (500°C/h) には樹枝状結晶の粗粒化が生じる、低い冷却速度の場合 (50°C/h) の場合には、より多量の樹枝状結晶が生じることを示す。

c. 継続時間 300h の場合は 134h の場合より粒径が大きくなり、結晶密度が小さくなる傾向が見える。

d. 長継続時間で、冷却速度の違いによって、冷却速度 (0.88°C/h)、継続時間 283h の場合が冷却速度 (50°C/h)、継続時間 305h の場合より結晶密度も最大粒径も小さくなる。

③石英とアルカリ長石とガラス混合物の集合体組織

実験生成物の元素マッピング図(Fig. 5)と定量分析の結果、生成した石英結晶の近傍のガラスは Si に乏しく、代わりに Al, Na, K, Ca に富むことが確認された。

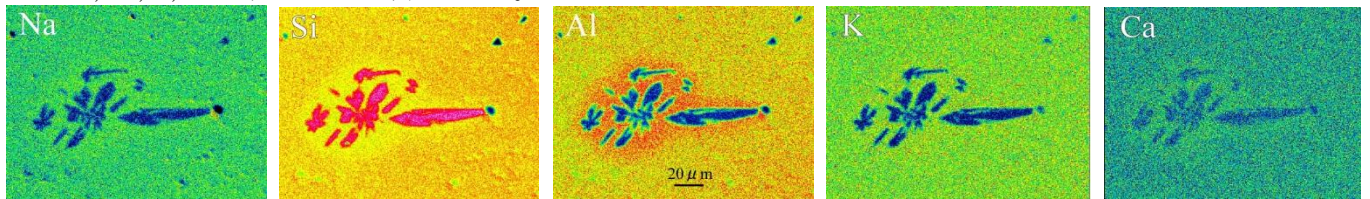
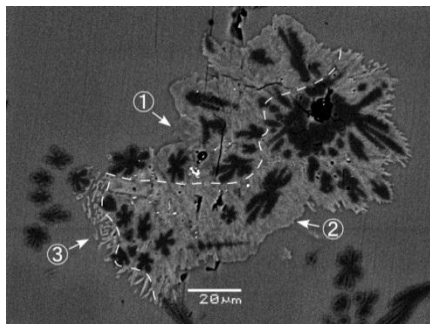


Fig.5. Run6 の実験で得られた石英結晶及び周りのガラスの元素マッピング図 (ΔT=135°C)

過冷却状態の継続時間が 300h の場合には、石英の周りにはアルカリ長石とガラスの混合物が形成された(Fig. 6)。この生成物の Na/K 値不均質で、主に三つの領域に分かれる：①の領域には比較的高い Na/K 値 (2.05~2.19)、②



の領域には比較的低い Na/K 値 (1.6~1.77)、さらに周縁部③には線状、L型、U型、四角状のような形がよく見られ、そこでは Na/K 値が一番低い。これらの集合体の周りのガラスの Na/K 値は 1.04~1.19 である。ここで、図 1 から見ると、最初出発物質は石英を晶出した、次にアルカリ長石と石英の境界線に達すると、石英とアルカリ長石が同時に晶出する、その後アルカリ長石は Ab に富むものと Or に富むものとの 2 相分かれて晶出すると考えられる。しかし、先に述べた実験生成物では、石英とアルカリ長石が同時に晶出する段階を飛び越しているように見える。そこでは急冷状態下非平衡の影響可能性がある、今後より詳細な研究が必要である。

Fig.6. Run2 の実験で得られた結晶及び組織 (ΔT=205°C)